Aus dem Zahnärztlichen Institut der Universität Würzburg
(Direktor: Professor Dr. Paul Wustrow.)

Die Remineralisation des Zahnschmelzes

INAUGURAL-DISSERTATION

verfaßt und der
Hohen Medizinischen Fakultät
der
Bayer. Julius-Maximilians-Universität
Würzburg
zur
Erlangung der Doktorwürde
in der Zahnheilkunde

vorgelegt von

GUSTAV BRANDAU
Zahnarzt
aus Hagen i. Westf.

MEINEN ELTERN!

Referent: Professor Dr. Josef Münch.

Die Zahnkaries ist eine wahre Kulturkrankheit geworden, die mit dem Fortschritt der Zivilisation immer mehr um sich gegriffen hat, und ihre Folgen bilden auch heute noch das Hauptbetätigungsfeld des Zahnarztes. Seitdem die Zahnheilkunde auch als wissenschaftliches Fach zu gelten beansprucht und sich vor allen Dingen nach der medizinischen Seite weiter ausgebaut hat, hat sie nach neuen Mitteln und Wegen gesucht, die Krankheit prophylaktisch zu bekämpfen. Bis vor einiger Zeit gab es nur eine Kariesteraphie, das war die restlose Entfernung des zerstörten Zahnschmelzes oder Dentins und die anschließende Füllung. Das hat sich im wesentlichen auch heute noch nicht geändert; es fehlt eben noch die genaue Aetiologie, wenn auch Millers Theorie, die den Kariesprozeß als einen chemisch-parasitären Vorgang betrachtet, wissenschaftlich feststeht, und Allgemeingut der führenden Autoren und des größten Teils der Zahnärzte geworden ist. Auch in der Wechselwirkung der beiden Komponenten, Säure und Bakterien, ist insofern eine Gesetzmäßigkeit eingetreten, als man allgemein annimmt, daß zuerst die Säure, die durch Gärung von zurückgebliebenen Nahrungsresten entsteht, den Zahnschmelz entkalkt, und daß dann erst Bakterien verschiedener Art ihre zerstörende Tätigkeit entfalten können. Daß trotzdem das Kariesproblem damit noch nicht restlos geklärt ist, zeigt zum Beispiel die Tatsache, daß es immer Patienten mit guter Mundpflege und viel Karies gibt und umgekehrt.

Die Forscher Head, Pickerill und Andresen machen chemisch-physikalische Vorgänge, die eine Störung des Gleichgewichtszustandes zwischen Speichel und Schmelz hervorrufen und somit eine Veränderung der Schmelzoberfläche verursachen, in die Bakterien eindringen, für die Entstehung der Karies verantwortlich. Sie führten damit die Remineralisationshypothese in die Zahnheilkunde ein; und zwar die exogene Remineralisation, das heißt, sie glaubten, dem Schmelz Anreicherungsstoffe von außen zuführen zu können, die eine Härtung desselben bewirken sollen; im Gegensatz zur endogenen Remineralisation, unter der man die Zufuhr von geeigneten Nährstoffen durch den Stoffwechsel versteht. Diese beiden Remineralisationswege sollen im folgenden näher beleuchtet werden.

Was nun die endogene Remineralisation anbetrifft, so ist zuerst die Frage zu erörtern, ob ein Stoffwechsel innerhalb des Schmelzes auf dem Wege Pulpa und Dentin überhaupt denkbar ist. Man muß deshalb zuerst die histologische Struktur des Schmelzes betrachten. Die Hauptmasse des Schmelzes besteht aus Kalkprismen, die von der Zahnoberfläche zur Schmelz-Dentingrenze hinziehen. In dessen Nähe verflechten sie sich mannigfaltig. Die organische Substanz beträgt nur 3—4 %. Sie ist erstens als dünne, anorganische Kittsubstanz der Schmelzprismen, die als erster Deutscher Ebner beschrieben hat, in dem Schmelz verteilt und zwar außer an der Zahnbeingrenze ist sie wieder in stärker nachweisbarer Anhäufung unmittelbar unter der Schmelzoberfläche zu finden. Organisches Gewebe ist ferner in Form von unregelmäßig angeordneten sogenannten Schmelzlamellen vorhanden. Dies sind organische Bestandteile, welche den Schmelz von seiner äußeren Oberfläche bis zur Dentin-Schmelzgrenze vertikal durchziehen. Außerdem wird die äußerste Oberfläche des Zahnes von einer mikroskopisch feinen Schicht, dem sogenannten Schmelzoberhäutchen überzogen. Ferner wissen wir aus Untersuchungen, daß die kolbenförmigen Fortsätze der Dentinkanälchen mehr oder weniger weit in den Schmelz hineinragen.

Das Vorhandensein von organischer Substanz im Schmelz ist heute wissenschaftlich anerkannt, und selbst Forscher wie Williams, die lange Zeit eine organische Substanz im Schmelz streng verneinten, ließen sich durch Bödeckers Versuche, die Schmelzgewebe vorsichtig entkalkten, von ihrer Existenz überzeugen; einen Stoffwechsel sowie die Möglichkeit einer späteren Verkalkung lehnten sie aber strikte ab.

Es sollen nun eine Reihe von Experimenten aufgeführt werden, die für eine Vitalität und damit für einen Stoffwechsel im Schmelz sprechen.

Th. B. v. Benst vertritt schon seit 1912 den Standpunkt, daß im Schmelz ein Stoffwechsel stattfindet. Er hat ins Pulpencavum Fuchsin eingespritzt und diesen Farbstoff im Schmelz nachweisen können. Er behauptet, daß der Schmelz nach seinem Durchbruch noch besser verkalken kann, was sich aus der schwereren Färbbarkeit des älteren Schmelzes ergibt.

Pickerill, Skillen und Marshall konnten die Befunde Benst's nicht erhalten. Pickerill ist der Meinung, daß das Eindringen von alkoholischem Fuchsin kein Beweis für die Zirkulation von Lymphe oder Serum ist, da diese eine viel größere Oberfläche haben.

Fish beispielsweise trepanierte Zähne von Hunden, brachte Methylenblau in Substanz auf die freigelegte Pulpa und verschloß die Kavität mit Zement. Nach 24 Stunden wurde das Tier getötet, und Schliffe vom Zahn wurden hergestellt. Das Methylenblau konnte in dem Schmelz in den Prismenscheiben nachgewiesen werden. Wie Fish beschreibt, folgt die Farbe den Dentinkanälchen und sammelt sich besonders an den Randpartien des Dentins, wo sich nach Fish ein Lymphplexus befindet. Aus diesem Plexus treten einzelne Dentinfasern in den Schmelz in die organische Hülse der Prismen, und das ist der Weg des Lymphstromes.

Bunting und Rickert berichten im Jahre 1918, daß Natriumchlorid und andere Salze von der Pulpa aus durch Dentin und Schmelz hindurchdiffundierten und zwar in ein umgebendes Medium. Auch die Diffusion von der Umgebung in die Pulpa konnte nachgewiesen werden. Die Autoren nehmen dabei osmotische Vorgänge an und halten es für fraglos, daß der Schmelz nachträglich verkalken kann.

Urbantschitsch versuchte auf dem Wege der Kataphorese, die organische Substanz im Schmelz zu färben. Er benutzte verschiedene Farbstoffe, mit bestem Erfolg Safranin. Trotzdem warnt er davor, die Färbbarkeit unbedingt als Lebensvorgang zu betrachten.

Durch Füllung des Pulpencavums mit Diamantfuchsin unter starkem Druck gelang es Smreker, nicht nur die Dentinkanälchen bis in den Schmelz, sondern auch die Schmelzprismen selbst mit dem Farbstoff zu imprägnieren. Aus diesem Versuch leitet er die Möglichkeit ab, daß auch in den fertiggebildeten Schmelz Ernährungswege führen.

Gies machte folgende Experimente: Er machte Hunden intraperitonial Injektionen mit Trypanblau; vollentwickelte Zähne zeigten weißen Schmelz, nicht vollentwickelte, aber schon durchgebrochene Zähne hatten am Zahnfleischrand leicht blaue Färbung. Bei Zähnen, die noch in der Entwicklung waren, hatte sich der Schmelz tiefblau gefärbt, und die Farbe blieb auch nach dem Durchbruch blau.

Freibusch und Faber waren imstande, Farbstoffe, die sie unter Druck zu Diffusionsexperimenten in den Pulpenraum extrahierter Zähne brachten, nachher an den Zahnschliffen gerade in den Schmelzlamellen, also in den organischen Teilen des Schmelzgewebes nachzuweisen.

Trotz dieser vielen Experimente, die sicher für eine Schmelzvitalität sprechen, ist diese Frage doch noch ungeklärt und wird von den einzelnen Autoren verschieden beantwortet.

Kantorowicz hält die Gründe der „Schmelzvitalisten“ nicht für stichhaltig und folgende Ausführungen bestimmen ihn zu der Annahme, daß der Schmelz nach seiner Bildung ein toter Körper ist. Er sagt: „Leben setzt Stoffwechselvorgänge, das heißt An- und Abbau voraus. Selbst wenn eine Art Diffusion vom Dentin her ein Anbau stattfinden würde, wäre doch kein Organ für einen Abbau vorhanden. Dauernder Anbau ohne Abbau würde aber bald zu einer deutlich nachweisbaren chemischen Aenderung führen.

2. Leben ist geknüpft an lebende Zellen; im Schmelz sind keinerlei lebende Zellen.

3. Sämtliche für die Ernährung in Anspruch genommenen Leitungsbahnen konnten als andere Gebilde gedeutet werden.

4. Karies verläuft im toten Schmelz ebenso wie im angeblich lebenden. Der Schmelz verhält sich Reizen gegenüber reaktionslos.“

Westin wirft neue Gesichtspunkte in die Debatte. Er stellt das biologische Geschehen in den Betrachtungskreis. Es ist ja auch schwer zu verstehen, daß der Schmelz, der während seiner Bildung durchaus als lebendes Gewebe anzusehen ist, direkt nach seinem Durchbruch als ein toter, nekrotischer Teil des Körpers dastehen soll, ohne daß irgendwelche Lebensäußerungen oder Lebensvorgänge vorhanden sein sollen. Bilder Westins zeigen, daß vom Dentin aus ziemlich weit in den Schmelz hinein zwischen die Schmelzprismen sich kollagene Fasern hineinziehen. Westin ist zu seinen Schlüssen gekommen, indem er die Hägqvistische Knochentheorie auf den Zahn übertrug und den Zahn als ein Syncytium betrachtete, das heißt, eine einzige Protoplasmamasse, die einen inneren Zusammenhang hat, und deren einzelne Teile auf verschiedene Weise verkalken und umgekehrt auch wieder entkalkt werden, also einen inneren Umbau, das heißt An- und Abbau aufweisen.

Wir wissen nun aus vielen klinischen Erfahrungen, daß die Art der Ernährung einen weitgehenden Einfluß auf das Zahnsystem ausübt. Amerikanische Autoren, besonders Howe behaupten, daß Mangel an dem Vitamin C die Zusammensetzung der organischen Substanz des Schmelzes ändern kann, und daß auf diese Aenderung die kreidigen Flecke an Kinderzähnen zurückzuführen seien. Durch Verabfolgung von C vitaminreicher Nahrung glaubt er solche Defekte korrigieren zu können, und es scheint tatsächlich den Vitaminen eine größere Rolle zuzufallen als den Kalksalzen.

Die pharmazeutische Industrie hat nun eine große Anzahl von solchen Vitamin-Kalkpräparaten in den Handel gebracht, die in erster Linie werdenden Müttern und Kindern während der Bildungs- und Wachstumsperiode verordnet werden sollen.

Das Nährmittelwerk Dr. A. Wolff (Bielefeld) hat auch ein solches Präparat in den Handel gebracht, das Kalkhämatopan, dessen Zusammensetzung und Wirkung im folgenden näher besprochen werden soll.

Das Präparat besteht in der Hauptsache aus Hämoglobin, Eisen, Malz und Mineralstoffen. Malzkeim enthält vor allen Dingen die Vitamine A, B und C; dies konnten Bickel und Tennenbaum an Rattenversuchen bestätigen. Dadurch nun, daß Hämatopan durch Zusatz von Calcium zu einem Kalkpräparat wird, gewinnt es eine große Bedeutung für die Zahn- und Knochenentwicklung.

Münch prüfte die Wirkungen des Kalkhämatopans an einigen Tierversuchen, über deren Ergebnis seine eigenen Ausführungen folgen:

„Meine tierexperimentellen Versuche beziehen sich auf Meerschweinchen. Es wurde: Tiergruppe 1 mit rachitogener Kost gefüttert. Tiergruppe 2 erhielt zu dieser Nahrung ein Gramm Kalkhämatopan pro Tag und Tier. Tiergruppe 3 erhielt zu dieser Nahrung zwei Gramm Kalkhämatopan pro Tag und Tier. Tiergruppe 4 erhielt zu dieser Nahrung zwei Gramm bestrahltes Kalkhämatopan pro Tag und Tier. Die Beobachtungszeit erstreckte sich auf fünf Wochen. Es war mir in der Hauptsache darum zu tun, etwa auftretende pathologische Veränderungen an den Zähnen zu untersuchen. Während die mit rachitogener Nahrung gefütterten Tiere freßunlustig und schwach wurden und schon im Laufe der ersten 8—14 Tage eingingen, zeigten die Hämatopantiere im allgemeinen gute Nahrungsaufnahme und überstanden auch den Nahrungswechsel mit wenig Ausnahmen recht gut. Bezüglich der Mortalität schnitten Gruppe 3 und 4 am besten ab. Ein nennenswerter Unterschied zwischen Tiergruppe 3 und 4 bezüglich der Zahnbildung machte sich im histologischen Bild nicht bemerkbar.

Schon bei der Präparation der Kiefer zum Zweck der histologischen Bearbeitung zeigte sich deutlich die Hämatopanwirkung. Die Knochenbildung bei den mit rachitogener Kost gefütterten Tiere hat sehr stark gelitten. Nach Entfernung der Weichteile war der Alveolarknochen derart schlecht verkalkt, papierdünn und brüchig, daß die Zähne teilweise völlig freilagen. Im Gegensatz dazu zeigten die Alveolen der Hämatopantiere gesunde, normale Knochensubstanz. Besonders deutlich trat dies bei den Tieren der Gruppe 3 und 4 zu Tage. Die Zahnpulpa ist bei den mit rachitogener Kost gefütterten Tieren als solche nicht mehr zu erkennen. Die Dentinbildung hat aufgehört, Odontoblasten sind nicht mehr vorhanden, die ursprüngliche Pulpa ist mit knochenähnlichem Gewebe völlig ausgekleidet, nur mehr wenige Weichteilinseln zwischen sich lassend. Die Zähne selbst sind in ihrem Wachstum

zurückgeblieben und brüchig. Besonders deutlich tritt dies bei den Nagezähnen zu Tage. Im Gegensatz dazu sind diese destruierenden Verhältnisse bei den Tieren der Gruppe 2 nicht zu beobachten. Die Dentinbildung ist allerdings zurückgeblieben, und die Odontoblasten sind degeneriert. Letzte amorphe Dentinablagerungen sind noch vorhanden, dagegen fehlt die Umwandlung in Knochengewebe in der Pulpa, wenn diese ihre normale Struktur auch nicht mehr besitzt.

Besonders deutlich ist die Hämatopaneinwirkung bei den Tieren der Gruppe 3 und 4. Die Dentinbildung muß bis zuletzt als normal bezeichnet werden, die Odontoblasten sind noch in voller Funktionstätigkeit. Nur teilweise ist ein unregelmäßiger, halbmondförmiger Dentinanbau zu erkennen."

Ich nahm selbst Gelegenheit, zwei Patienten im Alter von 6 und 8 Jahren, die beide von schwächlichem Körperbau waren, und von denen der ältere mehrere rachitische Zähne besaß, Kalkhämatopan zu verordnen. Nach vier Wochen erkundigte ich mich nach der Wirkung dieses Heilmittels. Von Eltern und von den Patienten selbst erfuhr ich, daß ihnen das Mittel gut bekommen sei, daß sie größeren Appetit bekommen hätten, und daß sie das Präparat sehr gern genommen hätten, eine Tatsache, die vor allem bei kleinen Kindern oft sehr wesentlich ist; man denke nur daran, wie schwer es oft ist, Kindern Lebertran einzugeben. Ein Einfluß auf Zahn- und Knochenbildung ließ sich natürlich in dieser kurzen Zeit nicht feststellen.

Abschließend kann man nun sagen, daß zwar manches gegen, aber doch mehr für eine Schmelzvitalität spricht. Mag nun der Streit in der Literatur weitergehen, und dazu muß ergänzend festgestellt werden, daß die jüngere zahnärztliche Generation, die sich weniger technisch, sondern mehr medizinisch orientiert fühlt, die Schmelzvitalität mit verhältnismäßig wenig Ausnahmen als dogmatische Wahrheit übernommen hat, so berechtigen uns die klinischen Erfahrungen und Tierexperimente dazu, die Karies prophylaktisch-therapeutisch mit Kalkpräparaten zu bekämpfen, also den endogenen Remineralisationsweg zu beschreiten.

Das Kalkhämatopan hat sich schon mit Recht einen guten Platz in der Praxis erkämpft und wird auch in einigen Schulzahnkliniken Deutschlands mit bestem Erfolg angewandt.

Leider stößt man auch hier oft auf das Unverständnis vieler Menschen, die sich nicht von der Notwendigkeit überzeugen lassen, solche Mittel aus Rücksicht auf zahnhygienische und kariesprophylaktische Erwägungen zu nehmen; geschweige denn, ihre ganze Ernährung aus diesen Gründen zu modifizieren.

Im Gegensatz zur endogenen Remineralisation tut sich nun ein einfacherer Weg dar in einer exogenen Beeinflussung der Schmelzoberfläche, die ja kariesätiologisch wesentlich in Betracht kommt.

Nach Fürst liegt der ganze Mißerfolg der Kariesforschung in dem seither falsch gegangenen Wege, nämlich, daß man immer den „vitalsten" Weg verfolgt hat, und die Schutzkräfte Karies-Immuner im Gesamtorganismus begründet hat, wobei der Stoffwechsel auf dem Wege Kreislauf-Pulpa-Dentin-Schmelz die Hauptrolle spielt. Die moderne Forschung untersucht nun die verschiedenen chemisch-physikalischen Bedingungen, denen die Schmelzoberfläche als Angriffspunkt der Karies ausgesetzt ist.

Der Autor nun, der von sich aus Anspruch darauf erhebt, schon 1908 die Möglichkeit der Wiederzuführung von Kalk aus dem Speichel in die teilweise zersetzten Phosphate des Zahnschmelzes veröffentlicht zu haben, ist Kulka gewesen. Er legte damals in seiner Arbeit folgendes nieder: „Theoretisch hat die Löslichkeit, die ihrem Wert und der Geschwindigkeit nach allem von den Konzentrationsverhältnissen, der Größe der Oberfläche, der Oberflächenspannung und der Temperatur abhängt, mit der äußeren Struktur der Teilchen nichts zu tun, und meine mit dem Schmelz vorgenommenen Versuche zeigen, daß er gegen Säuren wenig widerstandsfähig, oder anders ausgedrückt, wenig säurebeständig ist. Vielleicht liegen im Munde Verhältnisse vor, die den von schwachen Attacken durch Säuren — und nur von solchen rede ich — angerichteten Schaden auszubessern vermögen. Ist das der Fall, so ist die seltsame Erscheinung erklärt, daß der gesunde Schmelz trotz häufiger Säureangriffe, deren jeder ihm doch etwas wegnimmt, sich nicht wesentlich vermindert. Durch die Zusammensetzung des Speichels ist die Möglichkeit einer Ausheilung der durch schwache intermittierende Säureangriffe verursachten Defekte des Schmelzes gegeben."

Pickerill hat in seinem Werk „Zahnkaries und Mundsepsis" die leitenden Ideen für die moderne Kariesforschung niedergelegt, in dem sich folgender Leitsatz befindet: „Zahnkaries ist nicht die Wirkung einer einzelnen Ursache, sondern die Resultierende mehrerer in derselben Richtung wirkender Kräfte, welche durch einen längeren Zeitraum koinzidieren." Pickerill legt den Angriffspunkt für die Schmelzprophylaxe in die Schmelzoberfläche und untersucht den Zusammenhang mit dem Zustand und dem Mengenverhältnis der im Speichel gelösten Salze. Er zieht einen Trennungsstrich zwischen hartem und weichem Schmelz, Variationen, die entweder erworben oder angeboren sind. Ein sehr

widerstandsfähiger Schmelz kann von Kindheit an dadurch erworben werden, daß durch ausgiebige Kautätigkeit das Knochenwachstum sich frei entwickeln kann und in direkter Abhängigkeit die Schmelzentwicklung durch genügend weite Alveolen nicht gehemmt wird. Was nun die Unterschiede in der Dichte des Schmelzes angeht, so hält er sie für während des Lebens durch eine Osmose der aus dem Speichel stammenden Salze erworben, und zwar steht der Grad der Durchlässigkeit im umgekehrten Verhältnis zu dem seit dem Durchbruch verstrichenen Zeitraum. Der Schmelz hat demnach bei der Geburt noch nicht seinen endgültigen Zustand erreicht. Er bildet sich gewissermaßen noch weiter aus. Die Hauptrolle bei dem ganzen Vorgang spielt das Schmelzoberhäutchen, das gleichsam eine halbdurchlässige Membran darstellt und kristalloide Körper hindurchläßt, Kolloide nicht. Geistreich kombiniert nun Pickerill den Zusammenhang zwischen der Kariesempfänglichkeit und dem Zustand der im Speichel gelösten Stoffe. Bei Gegenwart von Kohlensäure wird Calciumphosphat in Lösung gehalten und vermag als molekular gelöstes Salz das Schmelzoberhäutchen zu durchdringen. Nach Eindringen in den Schmelz geht es mit dem dort befindlichen Rest, dem Globulin, eine außerordentlich schwer lösliche Verbindung ein (Calcoglobulin), das äußerst resistent gegen schädliche Einflüsse ist und den Zahn gegen Karies unempfindlich macht. Anders das im Speichel vorhandene Mucin, das sich in kolloidem Zustand befindet, also durch das Schmelzoberhäutchen nicht hindurchdialysiert. Zuviel Mucin würde als nicht elektrolytische Substanz die Osmose beeinträchtigen. Und tatsächlich wissen wir, daß Menschen mit äußerst schleimigem Speichel für Karies außerordentlich empfänglich sind. Als Beleg für diese Anschauung gelten die bedeutenden Versuche Heads, nach denen durch verdünnte Milchsäure und Orangensaft entkalkte Zähne, in Speichel gelegt, nach längerem Liegen wieder hart wurden. Die Pickerillsche Theorie gäbe ein abgerundetes Ganze, wenn experimentell feststände, daß dem Schmelzoberhäutchen die Rolle einer dialysierenden Membran zukäme, und die Frage entschieden wäre, ob der Schmelz für molekulare Lösungen durchgängig ist.

Andresen wandelt in denselben Fußtapfen. Auch er setzt die Tatsache der Osmose voraus. Zunächst sind ihm schon für die Schmelzentwicklung kolloid-chemische Prozeße maßgebend, die mit dem Durchbruch des Zahnes noch nicht ihr Ende erreicht haben. Das schon in den Ameloblasten gebildete Calcoglobulin wandelt sich zu einer gelatinoiden Substanz um, in welche die Tomeschen Fasern wie Dochte eingelagert sind und die Diffusion von Mineralösung aus dem Schmelzorgan vermitteln. Auf diese Weise bilden sich unter Verdrängung der Grundsubstanz um jeden Ameloblasten

Kalksäulen, die sich immer mehr erweitern. Die Grundsubstanz wird auf immer kleineren Raum beschränkt und bleibt während des ganzen Lebens als wabenartiges Netz im Schmelz bestehen. Nur wechselt nach dem Durchbruch die Richtung des Mineralisationsprozesses, als jetzt beim Fehlen eines kalkzuführenden Schmelzorgans der Speichel die nötigen Salze übermittelt. Diese diffundieren durch das mit dem ultraporösen organischen Gerüst des Schmelzes in Verbindung stehenden Schmelzoberhäutchens hindurch und vollenden die Mineralisation des Schmelzes.

Andresen hat auch ein Zahnpulver hergestellt, mit dem die Zähne behandelt werden sollen. Trotzdem hat er die Zusammensetzung eines solchen Remineralisationspulvers nicht genau festgelegt, sondern sie den einzelnen Forschern nach ihren klinischen Erfahrungen überlassen.

Es sollen nun einige Tatsachen und Experimente angeführt werden, die sich mit der exogenen Remineralisationstheorie befassen.

Eine Beobachtung im täglichen Leben hat sicherlich zuerst die Verfechter der exogenen Remineralisation auf ihre Lehre aufmerksam werden lassen, nämlich die Tatsache, daß Säuren, besonders Fruchtsäuren den Schmelz oberflächlich entkalken, das heißt, ihn stumpf machen, daß aber das subjektive Gefühl und der objektive Befund der Stumpfheit durch Osmose der Speichelsalze in den Schmelz allmählich ausgeglichen werden, so daß keine Schädigung des Gewebes eintritt.

Halberg bejaht die Möglichkeit der exogenen Remineralisation und führt dazu folgende interessante Beobachtung an. Er konnte feststellen, daß die Zähne der linken Kieferhälfte 5 Prozent stärker an Karies erkranken, als die der anderen Seite. Er erklärte diese Tatsache mit der stärkeren Speichelumspülung der rechten Seite während der Nacht, da die meisten Menschen auf der rechten Seite zu schlafen pflegen.

Ehrensberger gelang es, teilweise entkalkten Schmelz durch Baden in einer Flüssigkeit zu remineralisieren, die die zur Verkalkung gehörigen Mineralsalze in Lösung hielt. Es diffundierten die Kalksalze in Lösung osmotisch durch die Nasmythsche Membran oder das Schmelzoberhäutchen in den Schmelz hinein. Sie fügt hinzu, daß eine Wiederverkalkung von Schmelzgeweben nur in den Fällen möglich sei, wo die organische Substanz bei der Entkalkung restlos erhalten geblieben sei, denn nur unveränderte organische Substanz könne als Kalkfänger funktionieren und Kalksalze adsorbieren. Weiter glaubt sie bei großer Müdigkeit und

Schlafmangel in einem Versuche eine remineralisierende Wirkung des Speichels festgestellt zu haben. Durch Aenderung der Lebensweise und Ernährung soll der Speichel günstig beeinflußt worden sein, und die entstandenen Entkalkungen sollen remineralisiert worden sein. Am Schluß ihrer Darlegungen gibt sie dem Gedanken Ausdruck, daß bei vitaminreicher Ernährung, die reich an basenbildenden Bestandteilen ist, eine bestimmte Blut-Alkaleszens und Calcium-Retention gesichert sei und damit ein gesunder Speichel. Dieser könne die in der Mundhöhle entstehenden Schädigungen fortwährend aufheben und durch eine dauernde Remineralisation ein gegen Säurewirkung resistentes Gebiß schaffen.

Nach den Versuchen von Broderick und Göhring besteht die Möglichkeit, vom Kreislauf her die Speichelreaktion zu beeinflussen. Aus Göhrings Untersuchungen geht hervor, daß nach der peroralen Einnahme von Säuren die Reaktion sich nach der saueren Seite hin verschob, am stärksten nach Phosphorsäure. Nach der alkalischen Seite verschob sich die Speichelreaktion nach Einnahme von Zitronensäure und Kalzan. Bei anderen Kalkpräparaten war die Sache sehr unregelmäßig, es kamen Ab- und Zunahme von Acidität vor. Die Versuche zu verallgemeinern, warnt Göhring, da sie nur an verhältnismäßig wenig Personen vorgenommen wurden. Trotzdem sind sie insofern wertvoll, als sie zeigen, daß der Speichel auf verschiedene Einflüsse sehr kompliziert reagiert.

Weber hält es für zweifelhaft, daß vermehrter Kalkgehalt des Speichels eine größere Nachhärtungswirkung im Schmelz erzeugen kann. Er sagt, daß auf dem Wege über den Speichel nur dann ein Erfolg zu erwarten sei, wenn das anzuwendende Kalkpräparat durch Reaktionsänderung der Mundflüssigkeit wirklich eine Erhöhung der freien Ca-Jonen erzeuge. Andererseits wird von ihm abgelehnt, unter natürlichen Bedingungen von außen Stoffe in den Zahnschmelz einführen zu können. Es sei nur dort möglich, wo Säurewirkung vorangegangen.

Misch hält die exogene Remineralisation durchaus für möglich, schiebt aber der endogenen Remineralisation eine viel größere Bedeutung zu.

Janssen hat keine Beziehung zwischen dem Ca-Gehalt des Speichels und der Kariesfrequenz nachweisen können; er bestätigt die Möglichkeit, den Speichel mit Ca anzureichern.

Fürst hat viele Färbeversuche an Zähnen von Rinderföten vorgenommen, die unter gewissen Bedingungen auch positiv ausfielen. Das Wichtigste seiner Versuche hat er in folgendem Satz zusammengefaßt: „Dem Schmelzoberhäutchen ist die Rolle einer dialysierenden Membran zuzuschreiben, die zweifellos als Uebermittler von Speichelsalzen in die Zahnsubstanz in Betracht kommt.

Für diesen Vorgang sind vitale Kräfte im Sinne eines intradentalen Stoffwechsels auszuschließen, vielmehr wirken physikochemische Energien im Sinne einer Grenzflächenaktivität zwischen Speichel und Schmelzoberhäutchen."

Stender (Hamburg) hat nun nach dem Vorbilde Andresens eine Remineralisationspaste „Kalk-Eucerin" in den Handel gebracht, die von der Firma Beiersdorf (Hamburg) hergestellt wird. Dieses Zahnschutzmittel, wie er es nennt, soll nun alle Nachteile ausschalten, die Andresens Remineralisationspulver anhaften. Er sagt: „Dieses Pulver ist erstens nicht ganz einfach und dauerhaft herzustellen und kommt besonders nur kurze Zeit mit den Zähnen in Berührung. Die Mineralisationszemente können nur vom Zahnarzt angewendet werden, und die Anwendung ist umständlich und zeitraubend. Wenn aber nicht täglich die Mineralisationssalze vom Patienten selbst zugeführt werden, so ist der Erfolg zweifelhaft. Die Diffusionsgeschwindigkeit der Schmelzmineralisation ist sehr gering; deshalb ist es notwendig, die Mineralisationssalze täglich und länger mit den Zähnen in Berührung zu bringen."

Das Kalk-Eucerin besteht nun aus chemisch reinem Fett, das bis zu 200 Prozent Wasser aufzunehmen imstande ist und daher äußerst innig an den feuchten Zähnen adaptiert. Diesem Fett sind nun Apatitsalze in mikroskopisch feinster Verteilung zugesetzt, und als Geschmackskorrigenz ätherische Oele. Dieses Zahnschutzmittel soll nun jeden Abend nach dem Zähneputzen vom Patienten selbst mit der Fingerkuppe des kleinen Fingers auf alle erreichbaren Flächen der Zähne kräftig verrieben werden. Es soll wirksam sein:

1. durch die remineralisierenden Salze,
2. durch den Fettgehalt als Säureschutz,
3. durch die ätherischen Oele als Antisepticum, und
4. durch die mechanisch glättende Eigenschaft des Eucerins gegen das übermäßige Ansetzen des Zahnsteines.

Zu 1: stützt sich Stender auf die Remineralisationstheorie von Andresen, Pickerill und Head. Er führt dann mehrere Krankengeschichten an, aus denen hervorgeht, das alle Zeichen der Entkalkung an den entkalkten Zähnen verschwanden, und zwar nach etwa ½ bis 1 Jahr durch Kalk-Eucerin; daß freiliegende Zahnhälse, die gegen kalte, salzige und besonders süße Speisen eine intensive Empfindlichkeit aufwiesen, unempfindlich wurden.

Zu 2: führt er an, daß die Tatsache bekannt sein dürfte, daß viel Fett genießende Völker eine geringe Kariesfrequenz aufweisen,

zum Beispiel die Eskimos. Auch die Tatsache ließe sich nicht leugnen, daß Vertreter des Fleischgewerbes häufiger als andere Berufe über gute Gebisse verfügen, was nach seiner Ansicht in dem reichen Fettgenuß seine Ursache hat.

Kleinsorgen beschreibt einen einfachen Versuch, wie man sich den gewünschten Zweck der Säureabhaltung veranschaulichen kann: „Man gipst einen Zahn in horizontaler Lage zur Hälfte ein. Die unbedeckte Hälfte wird einige Minuten mit Oel gebürstet, dann wird der Zahn aus dem Gips entfernt und der Säurewirkung ausgesetzt. Wir sehen dann auf der eingegipsten Hälfte eine Unzahl Bläschen sich bilden und ablösen, während die mit Oel behandelte Hälfte frei und unberührt erscheint."

Um die säureschützende Wirkung des Kalk-Eucerins festzustellen, hat Stender folgenden Versuch angeführt: „Einhängen der vorher mit Speichel angefeuchteten und dann mit Kalk-Eucerin eingeriebenen Zähne in eine 10prozentige Milchsäure. Zum Vergleich wurde dieselbe Anzahl nur mit Speichel befeuchteter Zähne ohne Kalk-Eucerin in eine 10prozentige Milchsäure eingehängt. Dauer der Milchsäureeinwirkung 10 Tage im Brutschrank bei einer Temperatur von 35 bis 40 Grad Celsius. Nach Abwaschen unter fließendem Wasser und Abreibung mit Benzin zeigen von 12 mit Kalk-Eucerin behandelten Zähnen drei Zähne nur geringe Entkalkungserscheinungen, während neun Zähne durch das Kalk-Eucerin vollkommen vor der Säureeinwirkung geschützt waren. Die 12 Zähne, die nicht mit Kalk-Eucerin eingefettet waren, sind alle sehr stark von der 10prozentigen Milchsäure entkalkt."

Zu 3: Die dem Kalk-Eucerin zugesetzten ätherischen Oele sollen außer als Geschmackskorrigenz als Antiseptica durch das stundenlange Verweilen an den Zähnen einen prophylaktisch-antiseptischen Schutz gegen Fäulnisbakterien bilden.

Zu 4: führt er seine klinischen Erfahrungen an, wonach er ein Zurückgehen, ja des öfteren ein Verschwinden des Zahnsteinansatzes gesehen haben will, das er der chemisch glättenden Wirkung des Kalk-Eucerins zuschreibt.

Wie steht es nun mit der remineralisierenden und schützenden Wirkung des Kalk-Eucerins und der exogenen Remineralisation überhaupt?

Fabian hat das Kalk-Eucerin scharf abgelehnt. Die Tatsache spricht nach seiner Ansicht gegen dieses Zahnschutzmittel, daß die Fluorapatitteilchen des Präparates mindestens 0,3 Mikron groß sind und demnach nach der Einsteinschen Diffusionsformel ein halbes Jahr brauchen, um einen Millimeter tief zu diffundieren. Er lehnt

auch die Schutzwirkung des Fettes ab, da nur die gut erreichbaren Teile eingerieben werden, von denen eine Karies nie auszugehen pflege.

Ich habe nun auch das mir von der Firma Beiersdorf freundlicher Weise überlassene Kalk-Eucerin an zwei Patienten und an mir selbst ausprobiert. Das Ergebnis lasse ich kurz folgen:

Patient 26 Jahre; an dem oberen rechten Schneidezahn Schmelzhypoblasie; sonstiges Gebiß in Ordnung; Kalk-Eucerin mitgegeben: nach 8 Wochen: Schmelzhypoblasie nicht verändert, Patient hat das Kalk-Eucerin angenehm empfunden; er hat das Gefühl, als ob seine Zähne glätter geworden.

Patient 12 Jahre; rachitisches Gebiß; an beiden oberen mittleren Schneidezähnen Zahnhalskaries; diese Zähne schon empfindlich; auch sonstiges Gebiß zeigt kariöse Einschmelzungen; schlechte Mundpflege; Zahnreinigung gemacht; Kalk-Eucerin verordnet; nach 6 Wochen wiederbestellt: Patient hat seine Zähne gern mit dem Präparat behandelt wegen des angenehmen Geschmacks und Geruchs; Zahnkaries nicht verändert; Zähne sollen nicht mehr so stark empfindlich sein: Mundhöhle sieht jetzt besser gepflegt aus.

Ich habe nun selbst das Kalk-Eucerin einige Monate benutzt und möchte auf die einzelnen Punkte zurückkommen, durch die das Präparat wirksam sein soll.

Ueber eine Remineralisation konnte ich keine Beobachtungen machen. Daß das Eucerinum anhydricum als Säureschutz wirksam ist, glaube ich doch, und ich habe festgestellt, daß das Präparat morgens zwischen den Zähnen noch deutlich sichtbar und auf den Zähnen noch fühlbar ist, denn da das Präparat sehr angenehm ist, hat man gar nicht das Bedürfnis, es mit den Lippen oder mit der Zunge abzuwischen.

Was in den Punkten 3 und 4 aufgeführt ist, wodurch das Zahnschutzmittel noch wirksam sein soll, nämlich durch die ätherischen Oele als Antisepticum und durch die mechanisch glättende Eigenschaft gegen Zahnsteinansatz, dürfte doch zu weit gehen.

Man hat bei den weitläufigen Ausführungen zu Punkt 2 den Eindruck, als ob der Verfasser sich von der Hauptsache, nämlich der Remineralisation entferne; denn das Fett ist in erster Linie doch nur ein Mittel zum Zweck, um die Apatitsalze länger am Zahn wirksam sein zu lassen. Noch in die Augen fallender wird diese Beobachtung bei den Punkten 3 und 4. Hier muß man die Fragen aufwerfen, die auch A n d r e s e n offen gelassen hat, ja, wie lange soll die Behandlung dauern? Und wie lange dauert die Remineralisation?

Was nun die antiseptische Wirkung der ätherischen Oele anbetrifft, so sind doch bis jetzt alle Versuche, die Bakterien unschädlich zu machen, negativ verlaufen. Wie sehr man sich von der Hauptaufgabe des Kalk-Eucerins entfernen kann und zu einem Mittel gegen alles macht, zeigt folgender Satz aus der „Technischen Reform": Einige Patienten, denen Eucerin verordnet worden war, erklärten, seit dessen Anwendung eine jetzt durch die Herbstwinde so häufige Lippenrauheit verloren zu haben. Die Nachprüfung ergab, daß tatsächlich das Eucerin auch hier heilende Arbeit getan hatte."

Abschließend muß man sagen, daß die exogene Remineralisation wohl möglich zu sein scheint, sie praktisch als Kariesprophylaxe auszunutzen, noch unmöglich ist. Zwischen Theorie und Praxis ist eben oft ein weiter Weg. Hoffentlich gelingt es bald, auf diesem Wege der Praxis ein Mittel zu geben, die Karies erfolgreich bekämpfen zu können.

LITERATUR-VERZEICHNIS.

1. Misch: „Zahnärztlich — soziale Hygiene", IV. Bd. I. T.
2. Türkheim: „Kariesforschung", Misch: II. Bd. I. T. und V. Bd. I. T.
3. Zilkens: „Karies des Schmelzes", Misch: II. Bd. I. T. und III. Bd. I. T.
4. Balint, Orban „Stoffwechsel im Schmelz", Misch: IV. Bd. I. T.
5. Christ: „Remineralisation", Zahnärztl. Rundschau 35. Jg. Nr. 40.
6. Sicher: „Histologie des Schmelzes", Misch: II. Bd. I. T.
7. Münch: „Beitrag zur Vitaminforschung unter besonderer Berücksichtigung des Kalkhämatopans." Zahnärztl. Rundschau Nr. 27, 1930.
8. Kulka: „Die Remineralisations — Hypothese."
9. Fürst: „Beiträge zur Kariesforschung." Vierteljahrschrift für Zahnheilk. 1925, H. 2
10. Ehrensberger: „Ueber künstlich erzeugte Karies incipiens des Schmelzes und über die Remineralisationsmöglichkeit der natürlich entstandenen Karies incipiens. Zahnärztl. Rundschau 1931.
11. Müller-Stade: „Die Remineralisationsfrage." Zahnärztl. Rundschau 1929.
12. Andresen: „Ueber Mineralisation und Remineralisation des Zahnschmelzes." Dtsch. Monatsschr. für Zahnheilk. 1921.
13. Kantorowicz: „Die Probleme der Zahnkaries."
14. Pickerill: „Zahnkaries und Mundsepeis."
15. Praeger: „Grundlagen der zahnärztlichen Kalktherapie." Zahnärztl. Rundschau 1929.
16. Stender: „Das Zahnschutzmittel Kalk-Eucerin." Zahnärztl. Rundschau 34. Jg. Nr. 52.
17. Stender: „Reagenzglasversuche über die säureschützende Wirkung des Präparates Kalk-Eucerin." Zahnärztl. Rundschau 35 Jg. Nr. 48.
18. Fabian: „Wie steht es mit der remineralisierenden Wirkung des Kalk-Eucerin?" Zahnärztl. Rundschau 35. Jg. Nr. 16.

LEBENSLAUF.

Am 17. Februar 1909 wurde ich als Sohn des Verwaltungsdirektors Julius Brandau zu Hagen i. Westf. geboren. Ostern 1915 kam ich in die Volksschule zu Hagen-Eppenhausen und trat Ostern 1919 in die Sexta des städt. Gymnasiums und Realgymnasiums zu Hagen ein. Im März 1929 bestand ich dort mein Abitur. Seit Ostern 1929 widmete ich mich in Würzburg dem Studium der Zahnheilkunde, das ich, nach bestandenem Physikum im November 1930 mit dem zahnärztlichen Staatsexamen im Juni 1933 daselbst beschloß.

Ich versichere hiermit ehrenwörtlich, diese Dissertation selbständig verfaßt und außerdem nur die hier angeführte Literatur benutzt zu haben.

Herrn Prof. Dr. Münch möchte ich an dieser Stelle für das mir überlassene Thema bestens danken.

Gustav Brandau.

Gustav Butz Buchdruckerei, Hagen i.W.